



Educación
Secretaría de Educación Pública



TECNOLÓGICO
NACIONAL DE MÉXICO



TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO INSTITUTO TECNOLÓGICO DE CHINÁ

TESIS

COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL TÍTULO DE:
LICENCIADO EN BIOLOGÍA

PRESENTA:
JOSUE CARLO COLLI PEREZ

ASESOR INTERNO:
NORMA LAURA RODRIGUEZ AVILA

TÍTULO:
**"ELABORACIÓN DE UNA GUÍA TÉCNICA PARA LA CONSTITUCIÓN DE ECOSISTEMAS
CERRADOS AUTOSUFICIENTES"**

MARZO/2026



2026
año de
**Margarita
Maza**



Calle 11 S/N entre 22 y 28, Chiná, Campeche, C.P. 24520.
Tel. 9818272052 y 9818272082 dir_china@tecnm.mx www.itchina.edu.mx



Educación
Secretaría de Educación Pública



TECNOLÓGICO
NACIONAL DE MÉXICO



TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO INSTITUTO TECNOLÓGICO DE CHINÁ



2026
año de
**Margarita
Maza**



Calle 11 S/N entre 22 y 28, Chiná, Campeche, C.P. 24520.

Tel. 9818272052 y 9818272082 dir_china@tecnm.mx www.itchina.edu.mx



Educación
Secretaría de Educación Pública



TECNOLÓGICO
NACIONAL DE MÉXICO



TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO INSTITUTO TECNOLÓGICO DE CHINÁ

TESIS

COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL TÍTULO DE:
LICENCIADO EN BIOLOGÍA

PRESENTA:
JOSUE CARLO COLLI PEREZ

ASESOR INTERNO:
NORMA LAURA RODRIGUEZ AVILA

TÍTULO:
**"ELABORACIÓN DE UNA GUÍA TÉCNICA PARA LA CONSTITUCIÓN DE ECOSISTEMAS
CERRADOS AUTOSUFICIENTES"**

MARZO/2026



2026
año de
**Margarita
Maza**



Calle 11 S/N entre 22 y 28, Chiná, Campeche, C.P. 24520.
Tel. 9818272052 y 9818272082 dir_china@tecnm.mx www.itchina.edu.mx



Instituto Tecnológico de Chiná
Dirección

Chiná, Campeche; 27/febrero/2026
Oficio No. DIR/193/2026

C. COLLI PEREZ JOSUE CARLO
PRESENTE

El que suscribe, manifiesta que el Dictamen emitido por el Comité de Revisión que integra el sínodo de la Titulación Integral por Tesis denominada "**ELABORACION DE UNA GUIA TECNICA PARA LA CONSTITUCION DE ECOSISTEMAS CERRADOS AUTOSUFICIENTES**"; es **APROBADO** como requisito parcial para obtener el Título de Licenciado en Biología.

Sin otro particular, reciba un cordial saludo.

ATENTAMENTE
Excelencia en Educación Tecnológica®
Aprender Produciendo

MARCO GABRIEL ROSADO ÁVILA
DIRECTOR



2026
año de
Margarita
Maza





TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO INSTITUTO TECNOLÓGICO DE CHINÁ

COMITÉ REVISOR

Este trabajo fue revisado y aprobado por este comité y presentado por el C. **COLLI PEREZ JOSUE CARLO** como requisito parcial para obtener el título de: **LICENCIADO EN BIOLOGÍA** el día 12 del mes de marzo del año 2026 en Chiná, Campeche.

NORMA LAURA RODRIGUEZ AVILA
PRESIDENTE

GERARDO ALFONSO AVILES RAMIREZ
Secretario

KARINA VERDEL ARANDA
Vocal

HECTOR OCTAVIO GUERRERO TURRIZA
Vocal Suplente



2026
año de
Margarita
Maza





TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO INSTITUTO TECNOLÓGICO DE CHINÁ

Agradecimiento

Agradezco a Dios, por permitirme implementar mis conocimientos, y tener la inteligencia para poder terminar este trabajo, y por permitirme controlar mi tiempo para poder terminar.

A mis padres, Cecilia y Josué por darme los recursos para concluir mis estudios y preparación, al igual que al resto de mi familia que fueron un motivo para concluir la carrera de esta manera.

A mis compañeros y amigos en especial a Ruth, Sarao y Ligonio que me inspirada a seguir trabajando al platicar y compartir tiempo para distraerme y no sucumbir a la presión del trabajo.

A mi asesora la Doctora Norma, la cual fue una gran guía para mi trabajo al compartirme un poco de su basto conocimiento y experiencia, al igual que al inspirarme con los mismos en cómo poder desarrollar y cambiar partes de este trabajo.



2026
año de
Margarita
Maza





TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO INSTITUTO TECNOLÓGICO DE CHINÁ

Resumen

Los CES ó Closed Ecological Systems (por sus siglas en ingles), hacen referencia a los experimentos realizados, durante la carrera aeroespacial, la cual buscada recrear ecosistemas en espacios reducidos, para la producción agrícola en zona aeroespacial fuera de la órbita terrestre. Dichos experimentos fueron basados en dos conceptos, terrarios bioactivos y ecosistemas cerrados, ambas premisas buscando compactar y recrear un ecosistema dentro de un área delimitada.

De esta forma los ecosistemas cerrados puntualizan la replicación de procesos ecológicos y de sostenibilidad en un entorno controlado, para fines de investigación, conservación o producción dentro de este proyecto se busca tecnificar este proceso, con la generación de una guía que nos posibilite la creación de un entorno autosostenible, capaz de mantener un equilibrio dinámico entre los diferentes componentes y sus diversos procesos biológicos, complementándose entre sí para lograr la autosuficiencia.

Para lograrlo, fue necesario estudiar el manejo e implementación de elementos individuales del ecosistema cerrado, y en conjunto la eficiencia de esta interacción, la conservación del agua y el reciclaje de la misma, la producción de nutrientes y alimentos.

Para la recreación del ecosistema se consideraron todos los elementos necesarios, para completar cadenas tróficas, tales como los microorganismos que realizarán el ciclo de la materia orgánica o MO, la flora y la entomofauna, la cantidad de agua y las características de los recipientes para poder equilibrar los elementos biológicos, el balanceo de oxígeno, dióxido de carbono, masa vegetal, humedad y temperatura.



2026
año de
Margarita
Maza





TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO INSTITUTO TECNOLÓGICO DE CHINÁ

El diseño realizado para los ecosistemas cerrados, representa una herramienta de estudio, que permite nuevos desarrollos, para la sostenibilidad y la autosuficiencia, culminando en la elaboración de una guía técnica para la elaboración, desarrollando plantas con compatibilidad dentro del espacio comprimido, estabilizando una humedad constante interna del 53%, con una temperatura interna estable de 24.5°C, durante un periodo de seis meses, en completo sellado, sin presencia de hongos o patógenos que afectaran el interior.

Por lo anterior este trabajo compagina la investigación biológica y ecológica para, establecer bases de innovación en áreas de producción y experimentación con recursos limitados.

Palabras clave: CES, terrarios bioactivos, ecosistemas cerrados, autosuficiencia.



2026
año de
Margarita
Maza





TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO INSTITUTO TECNOLÓGICO DE CHINÁ

Índice

Agradecimiento	6
Resumen	7
1.-Introducción	17
2.- Justificación	19
3.- Objetivos.....	20
Objetivos Generales	21
Objetivos Especifico	21
4.- Hipótesis	21
5.-Marco teórico	22
1.- Generalidad de los terrarios orígenes de estudio	22
2.- Características principales	23
3.- Fundamentos ecológicos	24
3.1.- Ciclo de energía	24
3.2.- Ciclo de los nutrientes	24
3.3.- Autorregulación.....	25
3.4.- Interacciones bióticas	25
4.- Autosuficiencia y sostenibilidad	26
4.1.- Ciclos biogeoquímicos cerrados	26
4.2.- Sostenibilidad	26
5.- Delimitaciones	27
51.- Agua	27



2026
año de
Margarita
Maza





TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO INSTITUTO TECNOLÓGICO DE CHINÁ

5.2.- Clima interior.....	27
5.3.- Luz	28
6.- Ejemplos de ecosistemas cerrados.....	28
7.- Materiales y métodos.....	29
7.1.- Recipientes.....	29
7.2.- Material biológico.	29
8.- Monitoreo de variables	30
8.1.-Humedad.....	30
9.- Proceso de selección para los materiales.....	31
Ilustración 1 David Latimer con su terrario cerrado de 1960 a 1972, con 12 años de autonomía.	31
Tabla 1: Comparativa de materiales.	32
Ilustración 2 Muestras experimentales con 16 frascos muestra	34
Tabla 2 Tipos de tierra recomendables para los ecosistemas cerrados	35
Ilustración 3 Suelo franco tomado del TECNM It Chiná	35
Ilustración 4 Suelo arcilloso tomado del TECNM It Chiná	35
Ilustración 5 Suelo Limoso tomado del TECNM It Chiná	36
Tabla 3 Sustratos recomendados para el ecosistema cerrado	36
Ilustración 6 Fibra de coco adquirida en un invernadero local	37
Ilustración 7 Carbón activado adquirido en línea.	37
Ilustración 8 Atomizador utilizado durante la elaboración, lleno de agua estéril.	38
Ilustración 9 Gotero de 1 ml, utilizado para medir el agua durante la aclimatación.....	39
Ilustración 10 Tijera, pinzas y pala, materiales utilizados para la poda e introducción de los elementos internos del ecosistema cerrado	40
Proceso de elaboración	41



2026
año de
**Margarita
Maza**





TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO INSTITUTO TECNOLÓGICO DE CHINÁ

Ilustración 11 Muestra del crecimiento optimo de musgo en el interior.	41
Ilustración 12 Ejemplificación de los horizontes del suelo, imagen extraída de https://geoplaneta.net/el-suelo-composicion-estructura-tipos-e-importancia/	42
Elaboración por capas	43
Tabla 4, Descripción de las capas individuales con los parámetros necesarios.	44
Ilustración 13 Aclimatación del musgo	48
Tabla 5, Descripción de las especies vegetales recomendadas	49
Ilustración 14 Fittonia spp imagen extraída de https://ome.design/es/blogs/guides/terrarium-moss-expert-guide?srsId=AfmBOop3VNdef0Ly2febShaqPDxVqRsKWpiTYs5HWFTZq3VAOKXew2eN	49
Ilustración 15 Nephrolepis exaltata, imagen extraída de https://ome.design/es/blogs/guides/terrarium-moss-expert-guide?srsId=AfmBOop3VNdef0Ly2febShaqPDxVqRsKWpiTYs5HWFTZq3VAOKXew2eN	49
Ilustración 16 Asparagus setaceus, imagen extraída de https://ome.design/es/blogs/guides/terrarium-moss-expert-guide?srsId=AfmBOop3VNdef0Ly2febShaqPDxVqRsKWpiTYs5HWFTZq3VAOKXew2eN	50
Ilustración 17 Pilea libanensis, imagen extraída de https://ome.design/es/blogs/guides/terrarium-moss-expert-guide?srsId=AfmBOop3VNdef0Ly2febShaqPDxVqRsKWpiTYs5HWFTZq3VAOKXew2eN	50
Ilustración 18 Begonia spp, imagen extraída de https://ome.design/es/blogs/guides/terrarium-moss-expert-guide?srsId=AfmBOop3VNdef0Ly2febShaqPDxVqRsKWpiTYs5HWFTZq3VAOKXew2eN	51
Ilustración 19 Ficus pumila, imagen extraída de https://ome.design/es/blogs/guides/terrarium-moss-expert-guide?srsId=AfmBOop3VNdef0Ly2febShaqPDxVqRsKWpiTYs5HWFTZq3VAOKXew2eN	51
Ilustración 20 Soleirolia soleirolii, imagen extraída de https://ome.design/es/blogs/guides/terrarium-moss-expert-guide?srsId=AfmBOop3VNdef0Ly2febShaqPDxVqRsKWpiTYs5HWFTZq3VAOKXew2eN	52
Ilustración 21 Peperomia spp, imagen extraída de https://ome.design/es/blogs/guides/terrarium-moss-expert-guide?srsId=AfmBOop3VNdef0Ly2febShaqPDxVqRsKWpiTYs5HWFTZq3VAOKXew2eN	53
Ilustración 22 Callisia repens imagen extraída de https://ome.design/es/blogs/guides/terrarium-moss-expert-guide?srsId=AfmBOop3VNdef0Ly2febShaqPDxVqRsKWpiTYs5HWFTZq3VAOKXew2eN	53
Ilustración 23 Leucobryum glaucum, imagen extraída de https://ome.design/es/blogs/guides/terrarium-moss-expert-guide?srsId=AfmBOop3VNdef0Ly2febShaqPDxVqRsKWpiTYs5HWFTZq3VAOKXew2eN	54



2026
año de
Margarita Maza





TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO INSTITUTO TECNOLÓGICO DE CHINÁ

Ilustración 24 Selaginella apoda, imagen extraída de https://ome.design/es/blogs/guides/terrarium-moss-expert-guide?srsId=AfmBOop3VNdef0Ly2febShaqPDxVqRsKWpiTYs5HWFTZq3VAOKXew2eN	55
Ilustración 25 Musgo utilizado durante el proceso experimental, Bryophyta ssp.....	56
Ilustración 26 Proceso de aclimatación de las plantas introducidas por esquejes de Portulacaria y Pennisetum purpureum	57
Ilustración 27 Aclimatación y crecimiento de Pennisetum purpureum y Portulacaria.....	58
Tabla 6, Métodos de aclimatación por producto obtenido.	59
Ilustración 28 Demostración de los distintos métodos eficaces después de la aclimatación, en una misma zona experimental.....	62
Tabla 7, Riego y humedad interna.	62
Aclimatación de organismos entomofáuticos	64
Tabla 8, Organismos entomofáuticos recomendados.	65
Ilustración 29 Chilopoda incluida en el ecosistema, como depredador activo interno.....	65
Ilustración 30 Coleoptera, organismo aireador de suelo, y descomponedor inicial.....	66
Ilustración 31 Oniscidea, organismo micro descomponedor y aireador de las capas más bajas.	67
Cierre del ecosistema	70
Tabla 9, Tipos de sellos recomendados para los ecosistemas cerrados	70
Ilustración 32 Ejemplo de frasco de vidrio, imagen extraída de https://sodimac.falabella.com.pe/sodimac-pe/product/113528434/Frasco-de-Vidrio-con-Tapa-Clip-200ml/113528438	71
Ilustración 33 Ejemplo de frasco con sello de rosca, extraído de https://alcodistribuidora.com/products/super-sello-tapa-rosca	72
Ilustración 34 Ejemplo de frasco con tapa de corcho, imagen tomada de https://www.bodegaaurrera.com.mx/ip/cafeteras-y-extractores/tarro-de-almacenamiento-con-corcho-de-bola-bote-transparente-tanque-sellado-contenedores-de-botellas-de-comida-para-cocina-despensa-azuca-	73
Tabla 10, Resultados del proceso experimental.	74



2026
año de
Margarita Maza





TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO INSTITUTO TECNOLÓGICO DE CHINÁ

Ilustración 35 Plantas en crecimiento, y desarrollo dentro del ecosistema.	74
Ilustración 36 Planta resultante del retoño, demostrando un sano crecimiento.	75
Ilustración 37 Muestra de la interacción interna de los organismos, dando paso a futura reproducción y permanencia en el ecosistema.	76
Ilustración 38 Reproducción y propagación del musgo interno por la superficie de suelo.	77
Ilustración 39 Crecimiento y desarrollo de nuevas plántulas de Portulacaria.	78
Ilustración 40 Protulacaria con 4 cm de crecimiento desde el esqueje colocado con 1.23 cm, demostrando un crecimiento exponencial.	79
Ilustración 41 Parámetros de temperatura y humedad utilizados durante el proceso experimental.	80
6.-Resultados y discusión.	81
Evidencias de la función del método.	81
Ilustración 42 Proceso de aclimatación y desarrollo del material vegetal y entomofáunico.	82
Ilustración 44 Crecimiento de Pennisetum purpureum, superando la altura del frasco, y generando una cobertura vegetal por el esparcimiento y reproducción interna.	85
7.-Conclusiones.	85
8.-Recomendaciones.	87
9.-Citas y bibliografías.	88

Índice de figuras

Ilustración 1 David Latimer con su terrario cerrado de 1960 a 1972, con 12 años de autonomía. ..	31
Ilustración 2 Muestras experimentales con 16 frascos muestra.	34
Ilustración 3 Suelo franco tomado del TECNM It Chiná.	35



2026
año de
**Margarita
Maza**





TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO INSTITUTO TECNOLÓGICO DE CHINÁ

Ilustración 4 Suelo arcilloso tomado del TECNM It Chiná	35
Ilustración 5 Suelo Limoso tomado del TECNM It Chiná	36
Ilustración 6 Fibra de coco adquirida en un invernadero local	37
Ilustración 7 Carbón activado adquirido en línea.....	37
Ilustración 8 Atomizador utilizado durante la elaboración, lleno de agua estéril.	38
Ilustración 9 Gotero de 1 ml, utilizado para medir el agua durante la aclimatación.	39
Ilustración 10 Tijera, pinzas y pala, materiales utilizados para la poda e introducción de los elementos internos del ecosistema cerrado	40
Ilustración 11 Muestra del crecimiento optimo de musgo en el interior.	41
Ilustración 12 Ejemplificación de los horizontes del suelo, imagen extraída de https://geoplaneta.net/el-suelo-composicion-estructura-tipos-e-importancia/	42
Ilustración 13 Aclimatación del musgo.....	48
Ilustración 14 Fittonia spp imagen extraída de https://ome.design/es/blogs/guides/terrarium-moss-expert-guide?srsId=AfmBOop3VNdef0Ly2febShaqPDxVqRsKWpiTYs5HWFTZq3VAOKXew2eN	49
Ilustración 15 Nephrolepis exaltata, imagen extraída de https://ome.design/es/blogs/guides/terrarium-moss-expert-guide?srsId=AfmBOop3VNdef0Ly2febShaqPDxVqRsKWpiTYs5HWFTZq3VAOKXew2eN	49
Ilustración 16 Asparagus setaceus, imagen extraída de https://ome.design/es/blogs/guides/terrarium-moss-expert-guide?srsId=AfmBOop3VNdef0Ly2febShaqPDxVqRsKWpiTYs5HWFTZq3VAOKXew2eN	50
Ilustración 17 Pilea libanensis, imagen extraída de https://ome.design/es/blogs/guides/terrarium-moss-expert-guide?srsId=AfmBOop3VNdef0Ly2febShaqPDxVqRsKWpiTYs5HWFTZq3VAOKXew2eN	50
Ilustración 18 Begonia spp, imagen extraída de https://ome.design/es/blogs/guides/terrarium-moss-expert-guide?srsId=AfmBOop3VNdef0Ly2febShaqPDxVqRsKWpiTYs5HWFTZq3VAOKXew2eN	51
Ilustración 19 Ficus pumila, imagen extraída de https://ome.design/es/blogs/guides/terrarium-moss-expert-guide?srsId=AfmBOop3VNdef0Ly2febShaqPDxVqRsKWpiTYs5HWFTZq3VAOKXew2eN	51
Ilustración 20 Soleirolia soleirolii, imagen extraída de https://ome.design/es/blogs/guides/terrarium-moss-expert-guide?srsId=AfmBOop3VNdef0Ly2febShaqPDxVqRsKWpiTYs5HWFTZq3VAOKXew2eN	52





TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO INSTITUTO TECNOLÓGICO DE CHINÁ

Ilustración 21 Peperomia spp, imagen extraída de https://ome.design/es/blogs/guides/terrarium-moss-expert-guide?srsId=AfmBOop3VNdef0Ly2febShaqPDxVqRsKWpiTYs5HWFTZq3VAOKXew2eN	53
Ilustración 22 Callisia repens imagen extraída de https://ome.design/es/blogs/guides/terrarium-moss-expert-guide?srsId=AfmBOop3VNdef0Ly2febShaqPDxVqRsKWpiTYs5HWFTZq3VAOKXew2eN	53
Ilustración 23 Leucobryum glaucum, imagen extraída de https://ome.design/es/blogs/guides/terrarium-moss-expert-guide?srsId=AfmBOop3VNdef0Ly2febShaqPDxVqRsKWpiTYs5HWFTZq3VAOKXew2eN	54
Ilustración 24 Selaginella apoda, imagen extraída de https://ome.design/es/blogs/guides/terrarium-moss-expert-guide?srsId=AfmBOop3VNdef0Ly2febShaqPDxVqRsKWpiTYs5HWFTZq3VAOKXew2eN	55
Ilustración 25 Musgo utilizado durante el proceso experimental, Bryophyta ssp.	56
Ilustración 26 Proceso de aclimatación de las plantas introducidas por esquejes de Portulacaria y Pennisetum purpureun.....	57
Ilustración 27 Aclimatación y crecimiento de Pennisetum purpureun y Portulacaria.	58
Ilustración 28 Demostración de los distintos métodos eficaces después de la aclimatación, en una misma zona experimental.	62
Ilustración 29 Chilipoda incluida en el ecosistema, como depredador activo interno.	65
Ilustración 30 Coleoptera, organismo aireador de suelo, y descomponedor inicial.	66
Ilustración 31 Oniscidea, organismo micro descomponedor y aireador de las capas más bajas.....	67
Ilustración 32 Ejemplo de frasco de vidrio, imagen extraída de https://sodimac.falabella.com.pe/sodimac-pe/product/113528434/Frasco-de-Vidrio-con-Tapa-Clip-200ml/113528438	71
Ilustración 33 Ejemplo de frasco con sello de rosca, extraído de https://alcodistribuidora.com/products/super-sello-tapa-rosca	72
Ilustración 34 Ejemplo de frasco con tapa de corcho, imagen tomada de https://www.bodegaaurrera.com.mx/ip/cafeteras-y-extractores/tarro-de-almacenamiento-con-corcho-de-bola-bote-transparente-tanque-sellado-contenedores-de-botellas-de-comida-para-cocina-despensa-azuca-	73
Ilustración 35 Plantas en crecimiento, y desarrollo dentro del ecosistema.	74
Ilustración 36 Planta resultante del retoño, demostrando un sano crecimiento.	75





TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO INSTITUTO TECNOLÓGICO DE CHINÁ

Ilustración 37 Muestra de la interacción interna de los organismos, dando paso a futura reproducción y permanencia en el ecosistema.....	76
Ilustración 38 Reproducción y propagación del musgo interno por la superficie de suelo.	77
Ilustración 39 Crecimiento y desarrollo de nuevas plántulas de Portulacaria.	78
Ilustración 40 Protulacaria con 4 cm de crecimiento desde el esqueje colocado con 1.23 cm, demostrando un crecimiento exponencial.	79
Ilustración 41 Parámetros de temperatura y humedad utilizados durante el proceso experimental.80	
Ilustración 42 Proceso de aclimatación y desarrollo del material vegetal y entomofáunico.	82
Ilustración 44 Crecimiento de Pennisetum purpureun, superando la altura del frasco, y generando una cobertura vegetal por el esparcimiento y reproducción interna.....	85

Índice de tablas

Tabla 1: Comparativa de materiales.	32
Tabla 2 Tipos de tierra recomendables para los ecosistemas cerrados	35
Tabla 3 Sustratos recomendados para el ecosistema cerrado	36



2026
año de
**Margarita
Maza**





TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO INSTITUTO TECNOLÓGICO DE CHINÁ

Tabla 4, Descripción de las capas individuales con los parámetros necesarios.	44
Tabla 5, Descripción de las especies vegetales recomendadas	49
Tabla 6, Métodos de aclimatación por producto obtenido.	59
Tabla 7, Riego y humedad interna.	62
Tabla 8, Organismos entomofáuticos recomendados.	65
Tabla 9, Tipos de sellos recomendados para los ecosistemas cerrados	70
Tabla 10, Resultados del proceso experimental.	74

1.-Introducción

La elaboración de ecosistemas cerrados autosuficientes, permite analizar las etapas de aclimatación de las diversas especies que lo componen, esto siempre que se cumplan los requisitos ambientales necesarios para el desarrollo de los mismos.



2026
año de
**Margarita
Maza**





TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO INSTITUTO TECNOLÓGICO DE CHINÁ

Un ecosistema cerrado se compone de diversos sistemas biológicos que trabajan en conjunto para autoabastecerse, manteniendo así una serie de procesos ecológicos, en un espacio delimitado y con recursos limitados, sin la intervención de elementos externos.

Dentro de los procesos base, a considerar para llegar a la autosuficiencia se encuentran, el reciclaje del agua, el ciclo de carbono, y flujo de energía, así como la interacción entre organismos productores, consumidores y descomponedores, dependiendo así de un ecosistema estable que desarrolle los distintos elementos biológicos entre sí.

Uno de los experimentos pioneros de este método se basa en el diseño de hábitats en estaciones espaciales como es la ISS, siendo una investigación clave para alimentar a la tripulación, el diseño para invernaderos hidropónicos y sistemas acuapónicos.

Este tipo de estudios es relevante para desarrollar la producción sostenible de alimentos, en áreas reducidas, como las presentes en zonas urbanas que presentan una sobre población así como en áreas contaminadas y áridas.

El estudio de los elementos individuales y la interacción del ecosistema total, se basan en la ecología de sistemas, donde se busca un balance entre la producción de recursos y la eliminación de desechos y toma de los nutrientes necesarios para mantener la autosuficiencia ecológica, llevando a cabo así la eliminación de nutrientes excedentes y transformación de la materia orgánica.

Los componentes fundamentales que permiten a un ecosistema ser autosuficiente se clasifican en cuatro procesos biológicos y ecológicos, el flujo de energía, en el cual podemos resaltar la captación de luz por las plantas para realizar la fotosíntesis, el ciclo del agua, dentro del cual determinamos el reciclaje y purificación del agua, el ciclo de nutrientes, con el que se garantizan los nutrientes ilimitados.



2026
año de
Margarita
Maza





TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO INSTITUTO TECNOLÓGICO DE CHINÁ

Finalmente es importante considerar la interacción biológica, de forma correcta entre los productores-consumidores-descomponedores, para que la energía fluya en todo el sistema, garantizando la autosuficiencia.

La correcta interacción de los distintos elementos individuales, resultan en autosuficiencia de los ejemplares, produciendo diversos cambios en la entomofauna, específicamente en su comportamiento ya que al tener una fuente de agua y alimento éstos desempeñaran su papel como organismos descomponedores de manera más eficaz.

En los componentes vegetales se esperan afectaciones positivas y negativas si no se controla el tamaño de las hojas y el nivel de humedad éstas se vuelven inestables biológicamente y generan un marchitamiento más rápido., Caso contrario si se realiza el control adecuado, del crecimiento vegetativo éstas se desarrollarán de manera más eficaz dejando retoños y por ende una nueva fuente de alimento.

Al cumplir los requerimientos biológicos y ecológicos se forma una cúpula que logra albergar un microambiente en condiciones estables, sin necesidad de ser monitoreada constantemente solo viendo pequeños cambios exteriores como es el nivel de luz y temperatura externa ya que esta afecta el interior, cambiando así los factores de forma interna.

De acuerdo a lo anterior el presente estudio identifica los organismos vegetales y entomofáunico requeridos para desarrollar la estabilidad ecológica interna, dentro de un ecosistema cerrado, generando autosuficiencia, y perpetuidad a través de nuevas generaciones dentro del área.

2.- Justificación



2026
año de
Margarita
Maza





TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO INSTITUTO TECNOLÓGICO DE CHINÁ

Los ecosistemas cerrados se caracterizan por ser autosuficientes durante un tiempo indeterminado, basándose en las características biológicas de los elementos que los componen.

La posibilidad de desarrollar investigaciones sobre este tipo de sistemas permite analizar el ambiente con parámetros representativos de los hábitats actuales, pudiéndose entender mejor los que afectan con mayor intensidad a los seres vivos y generándose estrategias para hacer frente a los desafíos ambientales globales actuales., De igual forma los ecosistemas cerrados pudieran presentar una nueva fuente de alimento sin depender de fuentes de energía externas o materiales.

En hábitats artificiales con características específicas, se pudieran establecer inclusive especies en peligro de extinción y generar conciencia sobre el mantenimiento de áreas verdes al poder demostrar visiblemente cómo es el crecimiento y terraformación de un área., De igual forma el tener la posibilidad de crear un espacio controlado para la experimentación con parámetros de interés, representa una nueva alternativa para la realización de bioensayos donde se podrían disminuir las fuentes de error.

Con la utilización de insectos vivos en el interior del ecosistema cerrado se busca controlar la floración, el crecimiento de las hojas y las raíces, así como la alimentación de las mismas del material orgánico que generen los insectos.

3.- Objetivos



2026
año de
Margarita
Maza





TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO INSTITUTO TECNOLÓGICO DE CHINÁ

Objetivos Generales

- Identificar los organismos, componentes ambientales y condiciones adecuadas para la elaboración de ecosistemas cerrados autosuficientes.

Objetivos Especifico

- Tecnificar el método de elaboración para un ecosistema cerrado, describiendo el proceso de selección de los elementos y las condiciones para lograr su autosuficiencia.
- Determinar el tiempo de autosuficiencia del ecosistema cerrado.

4.- Hipótesis

Los ecosistemas cerrados que se generen lograrán la autosuficiencia, tras la regulación de los ciclos de muerte y vida en el que los elementos vegetales generan nuevas plántulas y los organismos entomofaunicos generan descendencia alcanzándose así un nivel de autosuficiencia por tiempo indefinido.



2026
año de
Margarita
Maza





TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO INSTITUTO TECNOLÓGICO DE CHINÁ

5.-Marco teórico

1.- Generalidad de los terrarios orígenes de estudio

Un terrario se refiere a un recipiente con entrada de aire o con sello hermético que alberga condiciones ambientales óptimas para la recreación de un hábitat, ya sea para cultivo o desarrollar un ecosistema con un microclima.



2026
año de
**Margarita
Maza**





TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO INSTITUTO TECNOLÓGICO DE CHINÁ

Éstos son de distintos materiales y capacidad, siendo los más recomendados los recipientes de material amorfo a base de sílice, dentro del que se genera cualquier tipo de ecosistema, llegando hasta el punto de autosuficiencia, generando todas las características ecológicas necesarias para su sustento, (Luis E. Campaña, 2024).

2.- Características principales

Dentro de los principales cuidados y características de un terrario, tenemos que procurar la solución de agua y vinagre para limpiar y desinfectar el interior, evitando la utilización de productos químicos, los cuales pueden dañar el interior, y por ende dañando la flora y fauna.

El uso de agua destilada para el riego es la mejor opción, ya que esta se esteriliza y no contienen agente derivados del cloro, (Soler-López, 2013).

Siguiendo la rama de materiales estériles se tiene que tener en cuenta que la tierra y sustrato para fijación de nutrientes, debe estar limpio, conteniendo diversos grados de tamaño en la materia orgánica.

El único material que debe ser natural y no es fácilmente estéril, son los organismos vivos, tales organismos forman el inicio de la autosuficiencia, (Soler-López, 2013).



2026
año de
**Margarita
Maza**





TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO INSTITUTO TECNOLÓGICO DE CHINÁ

3.- Fundamentos ecológicos

3.1.- Ciclo de energía

La radiación electromagnética que es generada por el sol, alimenta a los sistemas cerrados, la capturar y redireccionar la energía por el material vegetal que se aloja en el interior, convirtiéndose en más biomasa por el proceso de fotosíntesis, recordando que este proceso es mucho más lento dado que no existe un intercambio entre el interior y el exterior, lo que nos lleva a una nivel de energía disponible restringido, teniendo que manejarse de manera más eficiente por los organismos interiores, (Liberato Rodrigues, 2011).

3.2.- Ciclo de los nutrientes

El carbono, nitrógeno, oxígeno y fósforo deben ser reciclados dentro del espacio interno, por lo que los desechos y restos de descomposición deben permanecer in situ, siendo reutilizadas por los organismos, fomentando así un ciclo fundamental para estabilizar y equilibrar el ecosistema sin dejar salir materiales y nutrientes, (Gallardo et al., 2009)



2026
año de
Margarita
Maza





TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO INSTITUTO TECNOLÓGICO DE CHINÁ

3.3.- Autorregulación.

Se tiene que llegar al punto de la autorregulación, manteniendo el equilibrio interno que garantiza las condiciones favorables de vida, y estabilidad para los organismos, siendo la temperatura, humedad y el nivel de oxígeno y dióxido de carbono, ajustados por las mismas plantas, ajustando sus niveles hasta llegar al punto de tomar lo necesario y redirigiendo el restante a todo el entorno cerrado, a falta de la interacción con el exterior, (A Bello 2008).

3.4.- Interacciones bióticas

La relación que tengan los diferentes elementos dentro del espacio, es crucial para el correcto funcionamiento, al poder mantener un equilibrio en el uso de los recursos, lo que nos hace ser cuidadosos al momento de seleccionar las especies, ya que debemos ver si estas son depredadoras, o si tienen algún nivel de simbiosis, (Val E, 2015).



2026
año de
Margarita
Maza





TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO INSTITUTO TECNOLÓGICO DE CHINÁ

4.- Autosuficiencia y sostenibilidad

4.1.- Ciclos biogeoquímicos cerrados

Son uno de los fundamentos para la supervivencia de los organismos, ya que estos ciclos incluyen el del carbono, nitrógeno, fósforo oxígeno, entre otros, que permiten la circulación de actividad química y ecológica, siendo esto un intercambio de los diversos factores interno, la estabilidad asegura que los nutrientes estén disponibles para las plantas, asegurando así el crecimiento y alimento de los insectos, (Lamprea López, 2019).

4.2.- Sostenibilidad

Estos tienen la capacidad de adaptarse y gestionar los nutrientes y minerales que se alojan en el interior, la forma en que se lleve el reciclaje y reutilización de los recursos, permite continuar con las funciones vitales para la vida en la biosfera interna, durante un tiempo indeterminado, (Quiroga Martínez, 2001).



2026
año de
**Margarita
Maza**





TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO INSTITUTO TECNOLÓGICO DE CHINÁ

5.- Delimitaciones

Los ecosistemas cerrados cuentan con varias delimitaciones, principalmente en el tamaño del recipiente que se disponga, ya que hay dos factores importantes la altura y la profundidad ya que estas limitantes determinan la capacidad de área foliar, y factores de luz, al igual que la cantidad de agua que puede albergarse en el interior.

5.1.- Agua

El factor de agua es primordial para asegurar la supervivencia de las especies, puesto que derivado de esta se realiza el ciclo hídrico requerido, y la descomposición, una pequeña alteración en los valores resultaría, en el aparecimiento de fungis patógenos, resultado en la eliminación de la flora, por interferencia en la alimentación o daños por enfermedades, (Parra Abella, 2017).

5.2.- Clima interior

Al ser un ambiente climáticamente controlado este no puede ser abierto al ser detectada alguna anomalía en el interior, pues si se rompe la capa hermética esta se vería expuesta



2026
año de
Margarita
Maza





TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO INSTITUTO TECNOLÓGICO DE CHINÁ

a factores totalmente aleatorios, cambiando así en un porcentaje inexacto e incuantificable, (Martínez Santamaría, 2017).

5.3.- Luz

La cantidad de luz a la que debe ser expuesto el terrario varía según el tamaño del mismo y el tipo de flora que se desea introducir, ya que este valor es totalmente controlado podemos delimitar el tiempo de luz que deseamos implementar, teniendo en cuenta que el interior y el exterior no se encuentran a la misma temperatura ya que el clima interno es superior al exterior, al generar un efecto de lupa por el material de mismo, (Martínez Santamaría, 2017).

6.- Ejemplos de ecosistemas cerrados

Las biosferas (como la Biosfera 2) son ejemplos de ecosistemas cerrados diseñados para simular las condiciones de la Tierra. Estos ecosistemas se utilizan para estudiar cómo los procesos ecológicos y biogeoquímicos funcionan en un entorno sin interacciones externas. Las investigaciones en estos sistemas ayudan a entender mejor la



2026
año de
Margarita
Maza





TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO INSTITUTO TECNOLÓGICO DE CHINÁ

sostenibilidad y las posibilidades de mantener colonias humanas en otros planetas, como Marte, (Scott, 1999).

7.- Materiales y métodos

7.1.- Recipientes.

Se recolectaron frascos en base a su tamaño, forma, material y tipo de tapa, siendo el material más conveniente el vidrio con tapas tipo rosca o son sello de presión, la forma se recomienda sea ancha con una boca amplia en la tapa y el tamaño se recomienda mayor a los 500 ml.

7.2.- Material biológico.

Para la elección del sustrato es necesario, conocer si este es capaz de retener humedad sin llegar a acumularse, ya que esto podría originar hongos, dentro de los sustratos más recomendados está la arena y la fibra de coco, ya que estos pueden cumplir estas funciones antes mencionadas, considerando que la arena es más fina se necesita colocar piedras de diversos tamaños para que hagan canales de circulación para el aire y agua.



2026
año de
Margarita
Maza





TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO INSTITUTO TECNOLÓGICO DE CHINÁ

Para el manejo de la fibra de coco se necesitan colocar diferentes formas de la misma, ya que, si es únicamente fina, esta acumularía el agua y no permitiría la circulación, por lo que se tiene que mezclar diversos tamaños de fibra.

Consecuente al sustrato de fijación se colocan distintos tipos de tierra que aporten nuevos elementos nutritivos, con los que se pueda sobre llevar la autosuficiencia.

Las plantas se deben seleccionar en base a sus capacidades para absorber y retener el agua, esto se debe a que pasaran el resto de su vida con recursos hídricos limitados y captación de oxígeno igualmente.

La entomofauna se ve seleccionada, por la capacidad descomponedor, ya que esta característica es primordial para el reciclaje de elemento nutritivos y evitar la aparición de hongos en el interior.

8.- Monitoreo de variables

El monitoreo de los valores se realizó mediante el uso de un termómetro digital que mide el interior por medio de un sensor y el exterior a la vez, este teniendo valores diversos, según el tamaño y localización directa con relación a las horas de sol.

8.1.-Humedad



2026
año de
**Margarita
Maza**





TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO INSTITUTO TECNOLÓGICO DE CHINÁ

La Humedad se midió de la misma manera cambiando sus valores nuevamente por el contacto con el sol y el tiempo de luz que este otorga.

El crecimiento por otro lado se llevó realizando una medición externa con una regla que nos acercada al tamaño que tenía el organismo en el interior.

9.- Proceso de selección para los materiales

Por siguiente de esta explicación se procede a delimitar y tecnificar el proceso con mayor detalle:

Basándonos en el trabajo de David Latimer de 1960-1972, (H.U.G, 2025), uno de los ecosistemas cerrados más longevos partiremos la tecnificación de este complejo proceso.



Ilustración 1 David Latimer con su terrario cerrado de 1960 a 1972, con 12 años de autonomía.



2026
año de
**Margarita
Maza**





TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO INSTITUTO TECNOLÓGICO DE CHINÁ

Como se ha descrito a lo largo del este escrito un ecosistema cerrado comprende de un espacio hermético que alberga un ecosistema capaz de reciclar sus nutrientes y fuentes de oxígeno e hidrología, llegando a un punto de autosuficiencia.

Para poder llegar a este punto se debe seguir una línea de pasos que denoten la unificación de este espacio con los componentes internos limitados que albergan.

Se inicia con la selección del frasco que albergará, delimitará y contendrá todos estos elementos, en un frasco este puede ser comprado o reciclado como fue en este proyecto para cumplir los objetivos del desarrollo sustentable.

En la siguiente tabla se muestra los diversos materiales con sus ventajas y desventajas, en base a cuatro materiales (vidrio, cristal, PET y PVC) y el proceso de esterilización.

Tabla 1: Comparativa de materiales.

Material	Vidrio	Cristal	Tereftalato de polietileno (PET)	Cloruro de polivinilo (PVC)
Lavado convencional	Se puede	Se puede	Se puede	Se puede
Baño maría	Se puede	Se puede	No se puede	No se puede
Retención de calor	Afirmativa	Afirmativa	Afirmativa	Afirmativa
Costo	Alto medio	Alto medio	Bajo	Medio



2026
año de
Margarita Maza





TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO INSTITUTO TECNOLÓGICO DE CHINÁ

Dispersión de Frio	Negativa	Negativa	Afirmativa	Negativa
Efecto de lupa	No favorable	No favorable	Neutral	Neutral

Ya seleccionado un frasco, este debe ser limpiado internamente y externamente, con jabón, agua y cloro, si es el caso que este sea de vidrio o cristal se puede realizar una asepsia por medio de baño maría, para neutralizar elementos microscópicos.

Si el contenedor es de algún material plástico este no debe ser expuesto a baño maría ya que derretiremos el frasco, consiguiente a la selección debemos tomar en cuenta la forma de la tapa ya que esta puede ayudarnos al momento de sellar el frasco en su totalidad, siendo el sello hermético a presión el más recomendable, aun que podemos utilizar el sello de rosca y la tapa a presión, siendo estas las tapas más recomendables.

Per se a la forma de sellarlo se visualiza conjuntamente el tamaño de la boca del frasco, siendo que si es reducida esta dificultara nuestra intervención y manipulación interna, recomendando así una boca amplia que permita el paso de pinzas o del diámetro de la presente mano que manipulara el interior.

Una vez seleccionado el frasco con nuestros puntos anteriores cumplidos, procedemos a escoger el sustrato y tipo de tierra.



2026
año de
Margarita
Maza





TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO INSTITUTO TECNOLÓGICO DE CHINÁ

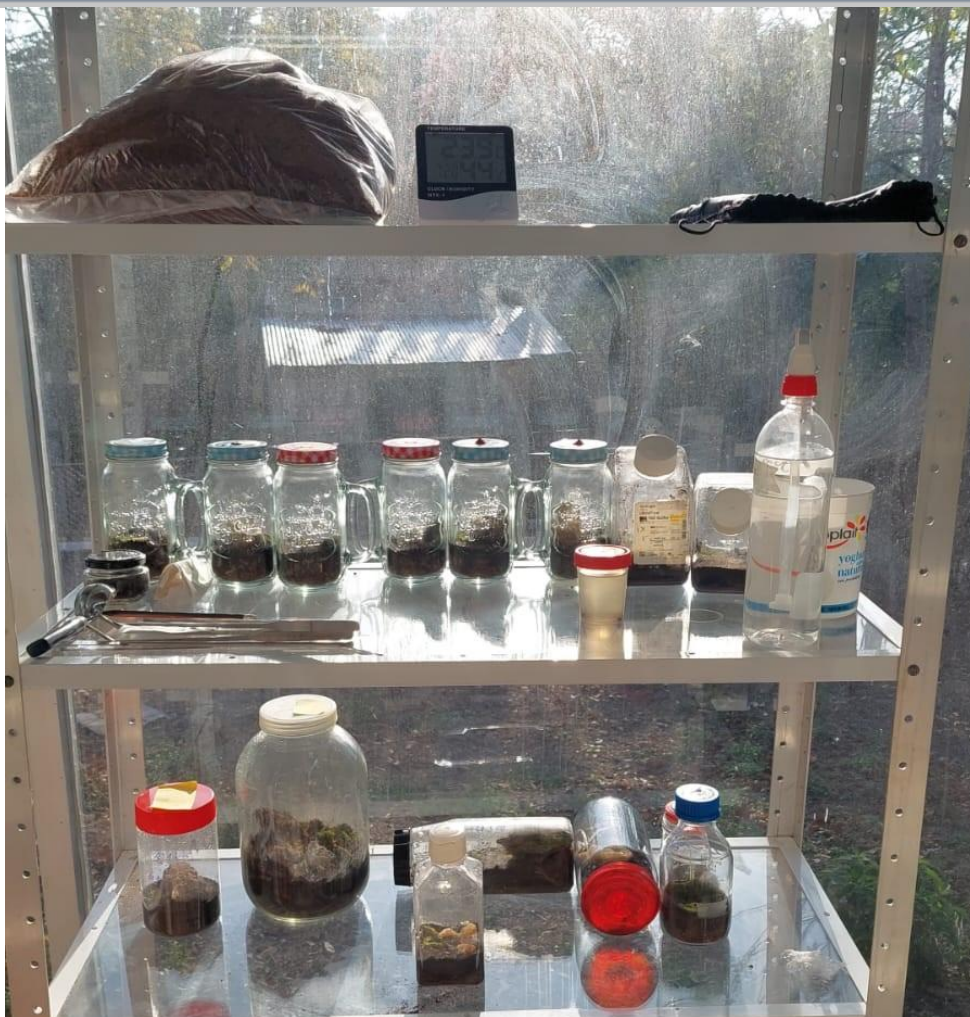


Ilustración 2 Muestras experimentales con 16 frascos muestra



2026
año de
**Margarita
Maza**





TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO INSTITUTO TECNOLÓGICO DE CHINÁ

Tabla 2 Tipos de tierra recomendables para los ecosistemas cerrados

Suelo Franco

Retiene grandes cantidades de agua y permite dispersarla lentamente, este se genera de la unión a partes iguales de un suelo arenoso con un suelo arcilloso.



Ilustración 3 Suelo franco tomado del TECNM It Chiná

Suelo Arcilloso

Es rico en nutrientes, retiene humedad y se agrieta para permitir el paso de corrientes de aire y agua, ideal como primera capa de un terrario.



Ilustración 4 Suelo arcilloso tomado del TECNM It Chiná



2026
año de
Margarita
Maza





TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO INSTITUTO TECNOLÓGICO DE CHINÁ

Suelo limoso

Son fértiles, ricos en potasio y fosforo, formados de pequeño sedimento.



Ilustración 5 Suelo Limoso tomado del TECNIM It Chiná

Tabla 3 Sustratos recomendados para el ecosistema cerrado

Fibra de coco

Aporta un buen nivel de porosidad, favoreciendo el crecimiento de las raíces, al igual que puede retener humedad sin saturarse por permitir el paso del aire.



2026
año de
Margarita
Maza





TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO INSTITUTO TECNOLÓGICO DE CHINÁ



Ilustración 6 Fibra de coco adquirida en un invernadero local

Carbón activado.

Absorbe la humedad, mejora la fertilidad, elimina hongos y previenen enfermedades, limpia el suelo de plaguicidas.



Ilustración 7 Carbón activado adquirido en línea.



2026
año de
Margarita
Maza





TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO INSTITUTO TECNOLÓGICO DE CHINÁ

Los elementos necesarios para la elaboración en capaz, se adquiere de forma económica o con la colecta de los mismos en espacios naturales, independientemente de la adquisición se debe adquirir un mínimo de un kilogramo de tierra, el cual se debe tamizar obteniendo diferentes gramajes de tierra para utilizarlo en diferentes partes del proceso.

Una vez lista la tierra y sustrato se puede empezar la elaboración de las capaz para el ecosistema, para eso requerimos un conjunto de herramientas que nos ayudaran en todo el resto del proceso:

Pinzas, tijeras, pala de acuario, gotero de 1ml y un rociador.



Ilustración 8 Atomizador utilizado durante la elaboración, lleno de agua estéril.





TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO INSTITUTO TECNOLÓGICO DE CHINÁ



Ilustración 9 Gotero de 1 ml, utilizado para medir el agua durante la aclimatación.



2026
año de
**Margarita
Maza**





TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO INSTITUTO TECNOLÓGICO DE CHINÁ



Ilustración 10 Tijera, pinzas y pala, materiales utilizados para la poda e introducción de los elementos internos del ecosistema cerrado



2026
año de
**Margarita
Maza**





TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO INSTITUTO TECNOLÓGICO DE CHINÁ

Proceso de elaboración

Para realizar los sitios de aclimatación, se deben elaborar bajo las mismas condiciones, lo que nos permite ver la viabilidad de los individuos, pudiéndose descartar algún elemento que presente alguna enfermedad o efecto adverso sobre los demás elementos.



Ilustración 11 Muestra del crecimiento óptimo de musgo en el interior.

El primer paso es la desinfección y esterilización del recipiente, para ello realizaremos un proceso coloquialmente llamado, baño maría, el cual consiste de introducir el recipiente entro de uno más grande con agua, tapando el frasco con papel aluminio, recordando también llenarlo de agua ya que por el cambio de temperatura este podría romperse si no tiene liquido dentro, dejando este entre 15 a 20 minutos.

El agua resultando de este proceso se lleva a reserva para utilizarla en los demás procesos siguientes.

Por siguiente después de la esterilización iniciamos con el armado interno, para eso nos podemos guiar de la siguiente imagen, en la que se muestran los distintos horizontes de



2026
año de
**Margarita
Maza**





TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO INSTITUTO TECNOLÓGICO DE CHINÁ

suelos con sus características, lo cual debemos recrear para darle a los elementos vegetales un ambiente de lo más similar y propicio para su crecimiento.

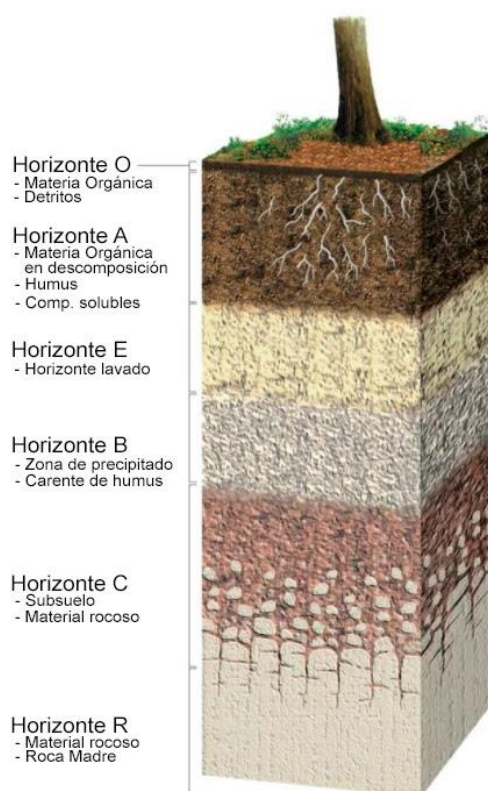


Ilustración 12 Ejemplificación de los horizontes del suelo, imagen extraída de <https://geoplaneta.net/el-suelo-composicion-estructura-tipos-e-importancia/>



2026
año de
Margarita
Maza





TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO INSTITUTO TECNOLÓGICO DE CHINÁ

Elaboración por capas

Se debe contar con muestras de los distintos tipos de tierra que usaremos, iniciando con una capa de fibra de coco de 1cm, como esta suele tener un volumen grande, debemos compactarla con una pinza o cuchara, e siguiente elemento que colocaremos son piedras pequeñas que podemos encontrar en los suelos arcillosos, seguido de una capa de carbón activado de 15gr esparciéndola del centro a la periferia.

Rociando en esta primer capa 4 gotas de agua por medio del gotero de 1ml, resultando en 4 ml de agua para la primera capa.

En la segunda capa se aplican 7 cucharadas de suelo arcilloso, resultando en 105 gr de la tierra arcillosa en la segunda capa, con una altura de 1cm, siendo nuevamente introducidos 4 ml de agua.

En la tercera capa se aplica el suelo limoso, del cual colocaremos 7 cucharadas de suelo, equivaliendo a 105gr de tierra limosa, y 4 ml de agua, componiendo 1cm más.

En la cuarta capa se aplican 7 cucharadas de suelo franco, con una equivalencia de 105 gr, aplicando 4 ml de agua, completando 1cm más de altura.



2026
año de
Margarita
Maza





TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO INSTITUTO TECNOLÓGICO DE CHINÁ

En la quinta capa se homogeniza una mezcla de carbón activado con tierra arcillosa y suelo franco, a partes desiguales, en orden aplicando 2 cucharadas del primero y 4 cucharadas del segundo y tercero, concluyendo en 6 cucharadas de la mezcla con un peso de 90gr.

Tabla 4, Descripción de las capas individuales con los parámetros necesarios.

Capa	Peso de tierra	ml de agua	Componentes
Primera	15gr	4 ml	La fibra de coco sirve como aireador, y facilita el intercambio de oxígeno, junto al carbón activado, genera una capa antibacteriana para el excedente de agua, elimina y controla olores.
Segunda	105	4 ml	El suelo arcilloso, acumula agua y nutrientes, por lo que al ser la segunda capa



2026
año de
**Margarita
Maza**





**TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO
INSTITUTO TECNOLÓGICO DE CHINÁ**

			puede proporcionar un almacenamiento y generar que las raíces crezcan más rápido, al contener agua en las capas bajas.
Tercera	105	4 ml	El suelo limoso nos proporciona una capa de nutrientes, y al ser un compuesto principalmente de área, grava y arcilla, puede filtrar el agua y mantenerla sin saturarse.
Cuarta	105	4 ml	El suelo franco, al ser principalmente de pH, neutro a





**TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO
INSTITUTO TECNOLÓGICO DE CHINÁ**

			ligeramente ácido es propicio para el cultivo y crecimiento de plántulas, con una gran retención de nutrientes.
Quinta	90 gr	4 ml	La mezcla resultante de los tres elementos, nos permite tener una capa superior antibacteriana, retención de humedad, filtración de aire y retención de nutrientes.
Total	420 gr	20 ml	



2026
año de
Margarita Maza





TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO INSTITUTO TECNOLÓGICO DE CHINÁ

Dentro del primer sitio de aclimatación que vamos a realizar con el proceso anterior, es la aclimatación del musgo, para eso debemos colectarlo de la siguiente manera:

Primero identificamos el lugar de colecta, daba las características del musgo, lo podemos encontrar en piedras cercanas a fuentes de agua y en la corteza de árboles.

Siguiendo el seccionamiento de la muestra con ayuda de un cuchillo, cuidando que no se rompan los brotes, una vez obtenidos se resguardan para el siguiente paso.

Para esto lo introducimos en el agua estéril que nos, resultado del proceso antiséptico inicial, para que este se sobre hidrate y mantenga altos niveles de humedad que ayudaran a su esparcimiento, durante 5 minutos.

Siguiendo el proceso, lo colocaremos en papel toalla, para que recoja el excedente de agua, a fin de evitar que este genere hongos.

Ya listo el musgo lo introducimos en el terrario, con ayuda de unas pinzas buscando que este haga contacto directo con la tierra y de esta manera empiece a generar raíces más grandes que logren fijarse al sustrato, y generar micorrizas.



2026
año de
Margarita
Maza





TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO INSTITUTO TECNOLÓGICO DE CHINÁ



Ilustración 13 Aclimatación del *musgo*

En el segundo de los frascos de aclimatación introduciremos las plantas, para eso debemos hacer una previa recolecta de los especímenes, basándonos en los siguientes criterios:

1. Plantas que no requieran luz directa
2. Plantas con raíces cortas
3. Plantas que tengan la capacidad de retener humedad
4. Plantas que no sean altas

Para encontrar la planta ideal en la siguiente tabla se encontrar una pequeña reseña de las mejores plantas para implementar dentro del ecosistema.



2026
año de
Margarita
Maza





TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO INSTITUTO TECNOLÓGICO DE CHINÁ

Tabla 5, Descripción de las especies vegetales recomendadas.

Especie	Características	Imagen
<i>Fittonia spp</i>	Plantas que resisten el riego excesivo y la falta de agua, al igual que la falta de luz, esta planta debe ser cortada a nivel de un nudo, formando un esqueje, el cual debe ser colocado cerca o encima de musgo para que las raíces se fijen al sustrato.	 <i>Ilustración 14 Fittonia spp imagen extraída de</i> https://ome.design/es/blogs/guides/terrarium-moss-expert-guide?srsId=AfmBOop3VNdef0Ly2febSha qPDxVqRsKWpiTYs5HWFTZq3VAOKXew2eN
<i>Nephrolepis exaltata</i>	Comúnmente llamados helechos, estos son de poca cuidad y de expansión gradual, por lo que no requieren poda constante, las raíces y hojas guardan humedad, con una dispersión pareja, por lo que dejan un ecosistema estético.	 <i>Ilustración 15 Nephrolepis exaltata, imagen extraída de</i> https://ome.design/es/blogs/guides/terrarium-moss-expert-guide?srsId=AfmBOop3VNdef0Ly2febSha qPDxVqRsKWpiTYs5HWFTZq3VAOKXew2eN



2026
año de
Margarita Maza





TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO INSTITUTO TECNOLÓGICO DE CHINÁ

*Asparagus
setaceus*

Esta planta se caracteriza por ser altas y frondosas, por lo que llegan a cubrir la base del sustrato, por lo que requieren de cuidado especialmente para la poda y mantener espacios de luz para el sustrato, si se cortan las raíces estas pueden adaptarse mejor al tamaño del terrario.



Ilustración 16 *Asparagus setaceus*, imagen extraída de <https://ome.design/es/blogs/guides/terrarium-moss-expert-guide?srsId=AfmBOop3VNdef0Ly2febSha qPDxVqRsKWpiTYs5HWFTZq3VAOKXew2 eN>

*Pilea
libanensis*

Las hojas de esta planta se extienden por lo largo del terrario, en forma de racimos con tallos delgados, con hojas de pequeño tamaño, de raíces grandes y extensas, por lo que se incorporan fácilmente al musgo creando hasta cierto punto una relación a nivel de raíces.

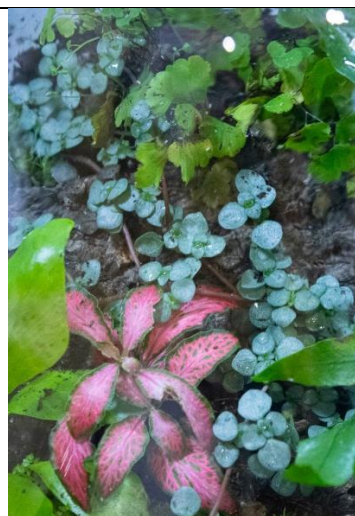


Ilustración 17 *Pilea libanensis*, imagen extraída de <https://ome.design/es/blogs/guides/terrarium-moss-expert->



2026
año de
Margarita
Maza





TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO INSTITUTO TECNOLÓGICO DE CHINÁ

		guide?srsId=AfmBOop3VNdef0Ly2febSha qPDxVqRsKWpiTYs5HWFTZq3VAOKXew2eN
<i>Begonia spp</i>	Estas plantas tienen colores y formas llamativas, compuestas de hojas grandes con tallos delgados, por lo que tenemos que tener en cuenta el tamaño del terrario ya que estas cubren gran parte del sustrato, presentando una buena capa de sombra con aperturas para la luz entrante.	 Ilustración 18 <i>Begonia spp</i>, imagen extraída de https://ome.design/es/blogs/guides/terrarium-moss-expert-guide?srsId=AfmBOop3VNdef0Ly2febSha qPDxVqRsKWpiTYs5HWFTZq3VAOKXew2eN
<i>Ficus pumila</i>	Al ser plantas que tienen relación con las enredaderas, estas crecen mejor con pedazos de troncos, o piedras en los que puedan fijarse al ser este su tipo de expansión, requieren de poda y acomodo constante ya que pueden cubrir el terrario y por lo tanto retener la luz, por lo contrario,	 Ilustración 19 <i>Ficus pumila</i>, imagen extraída de https://ome.design/es/blogs/guides/terrarium-moss-expert-guide?srsId=AfmBOop3VNdef0Ly2febSha qPDxVqRsKWpiTYs5HWFTZq3VAOKXew2eN



2026
año de
Margarita
Maza





TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO INSTITUTO TECNOLÓGICO DE CHINÁ

	desarrollan una capa de oxígeno constante para el interior.	qPDxVqRsKWpiTYs5HWFTZq3VAOKXew2eN
<i>Soleirolia soleirolii</i>	Estas plantas se forman directamente en el sustrato, por lo que es una opción de sustitución del musgo, realizando una buena cobertura y permitiendo el crecimiento de otras plantas ya que las raíces no se expanden totalmente, solo el tallo y las hojas se expanden, con un riego constante estas se expanden rápidamente por lo que hay que tener en cuenta cuanto riego se aplica	 <i>Ilustración 20 Soleirolia soleirolii, imagen extraída de https://ome.design/es/blogs/guides/terrarium-moss-expert-guide?srsId=AfmBOop3VNdef0Ly2febSha qPDxVqRsKWpiTYs5HWFTZq3VAOKXew2eN</i>



2026
año de
Margarita
Maza





TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO INSTITUTO TECNOLÓGICO DE CHINÁ

*Peperomia
spp*

Estas plantas se reproducen sin esquejes, por lo que con una hoja puede empezarse la reproducción y crecimiento de las raíces, además de la característica reproductiva estas plantas son altas y suelen desprender sus hojas para esparcirse, por lo que hay que monitorearlas constantemente, ya que pueden ocupar el recinto en su totalidad si no se poda constantemente.



Ilustración 21 Peperomia spp, imagen extraída de <https://ome.design/es/blogs/guides/terrarium-moss-expert-guide?srltid=AfmBOop3VNdef0Ly2febSha qPDxVqRsKWpiTYs5HWFTZq3VAOKXew2eN>

*Callisia
repens*

Esta planta es ideal para terrarios pequeño ya que genera raíces desde una hoja, o un esqueje pequeño, dado que tardan en crecer pueden durar mucho tiempo dentro de espacios reducidos, cuidando



Ilustración 22 Callisia repens imagen extraída de <https://ome.design/es/blogs/guides/terrarium>



2026
año de
**Margarita
Maza**





TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO INSTITUTO TECNOLÓGICO DE CHINÁ

	que al momento de retirarla no se dañe el tallo.	<i>m-moss-expert-guide?srsId=AfmBOop3VNdef0Ly2febSha qPDxVqRsKWpiTYs5HWFTZq3VAOKXew2eN</i>
Especies de musgos recomendados		
<i>Leucobryum glaucum</i>	Estas briofitas, generan pequeños grupos en formas esféricas de los que se reproducen, estos montículos dan una buena apariencia de pastizal, por lo que pueden rellenar espacios pequeños, estos cumplen una función de anclaje al fijar el sustrato evitando la erosión y almacenando humedad.	 <i>Ilustración 23 Leucobryum glaucum, imagen extraída de https://ome.design/es/blogs/guides/terrarium-moss-expert-guide?srsId=AfmBOop3VNdef0Ly2febSha qPDxVqRsKWpiTYs5HWFTZq3VAOKXew2eN</i>



2026
año de
Margarita Maza





TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO INSTITUTO TECNOLÓGICO DE CHINÁ

Selaginella apoda

Estas se caracterizan por separarse en grupos fijándose a rocas y materia en descomposición, por lo que las raíces suelen agruparse y expandirse rápidamente, por lo que se puede seccionar y reproducir para colocar en distintos terrarios, al ser delicados se deben introducir de forma gentil ya que pueden romperse fácilmente.



Ilustración 24 Selaginella apoda, imagen extraída de <https://ome.design/es/blogs/guides/terrarium-moss-expert-guide?srltid=AfmBOop3VNdef0Ly2febSha qPDxVqRsKWpiTys5HWFTZq3VAOKXew2eN>



2026
año de
**Margarita
Maza**





TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO INSTITUTO TECNOLÓGICO DE CHINÁ



Ilustración 25 Musgo utilizado durante el proceso experimental, Bryophyta ssp.



2026
año de
**Margarita
Maza**





TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO INSTITUTO TECNOLÓGICO DE CHINÁ

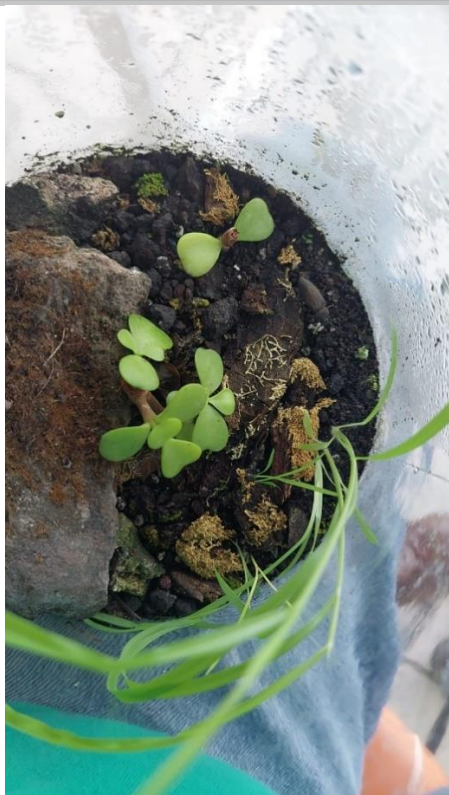


Ilustración 26 Proceso de aclimatación de las plantas introducidas por esquejes de Portulacaria y Pennisetum purpureum



2026
año de
**Margarita
Maza**





TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO INSTITUTO TECNOLÓGICO DE CHINÁ



Ilustración 27 Aclimatación y crecimiento de Pennisetum purpureum y Portulacaria.

Para realizar la aclimatación de las plantas se realizará, según el tipo de producto que tengamos ya sea semilla, plántula, esqueje u hoja, realizando un método diferente en cada uno, los cuales serán expuestos en la tabla continua, realizada con distintos métodos experimentales, con el fin de hallar el mejor método para los diferentes productos.



2026
año de
**Margarita
Maza**





TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO INSTITUTO TECNOLÓGICO DE CHINÁ

Tabla 6, Métodos de aclimatación por producto obtenido.

Semilla

Para la implementación de una semilla:

Primero, debemos hidratar la semilla en un frasco con agua y dejándola secar en una servilleta, para extraer el exceso de humedad, colocándola después en el interior del terrario, dejándola desarrollarse y con riego diario, hasta que la semilla germine, siguiente se deja la plántula con un riego semanal hasta que esta genere una raíz firme.

Plántula

Para este tipo se abre un agujero de tamaño correlacional con las raíces que presente, cerrándola una vez se introducen las raíces, con un riego extenuante para seguir con el sellado del ecosistema ya que este método no requiere aclimatación, por un periodo prolongado.

Esqueje

Similar al método anterior, con la diferencia que esta requiere fijar las raíces y fortalecerlas, de manera que se realizara un riego cada dos días para que se desarrollen de manera más rápida y fuerte.

Hoja



2026
año de
Margarita
Maza





TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO INSTITUTO TECNOLÓGICO DE CHINÁ

Este método consiste en fijar la hoja en el sustrato de manera directa para eso se recomienda, introducirla unos pocos milímetros para garantizar el crecimiento de las raíces, de esta manera empezara el desarrollo del tallo y del cuerpo de la planta, este método es el más tardado por lo que requiere un monitoreo constante y riego, manteniendo el sustrato lo más húmedo posible sin llegar a saturarlo de agua.



2026
año de
Margarita
Maza



TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO INSTITUTO TECNOLÓGICO DE CHINÁ





TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO INSTITUTO TECNOLÓGICO DE CHINÁ

Ilustración 28 Demostración de los distintos métodos eficaces después de la aclimatación, en una misma zona experimental.

Como es ejemplificado en la imagen anterior, los distintos métodos son efectivos para el correcto crecimiento y aclimatación de los especímenes y como se demuestra pueden ser compatibles entre si para el desarrollo interno del terrario.

Dentro de este punto cabe resaltar la importancia de llevar un buen control del riego y la cantidad de agua y humedad que se aloja en el interior, ya que esto puede hacer que la temperatura del exterior afecta a la interna, beneficiando o entorpeciendo el desarrollo de las plantas.

Para llevar a cabo la medición del agua se realizó un riego con gotero de un mililitro para contabilizar el agua que se utiliza durante este proceso.

Tabla 7, Riego y humedad interna.

Riego y humedad	
Semilla	Este método utiliza la mayor cantidad de riego ya que este debe ser diario, hasta que se desarrolle una plántula para eso realizaremos un riego de 17 gotas equivalentes a 17 mililitros de agua diaria por aproximadamente de dos a tres semanas según la especie que utilicemos. Equivaliendo a 357 mililitros de agua.



2026
año de
**Margarita
Maza**





TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO INSTITUTO TECNOLÓGICO DE CHINÁ

	Dado que este método requiere del nacimiento de una plántula después de la germinación pasaríamos al método siguiente.
Plántula	Ambos métodos utilizan los mismos parámetros, al ser similares, únicamente cambiando en el método de fijación el cual cambia al ser el primero insertado directamente en la tierra, en un hoyo proporcional al tamaño de la raíz y el segundo, es igual con la variación que este se introduce en el sustrato hasta que se introduce la mitad del tallo. Para el riego realizaremos el goteo de 11 gotas de agua equivaliendo a 11 mililitro de agua, por un tiempo de dos a tres semanas, siendo así utilizados 231 mililitros de agua.
Esqueje	
Hojas	Para este método realizaremos un goteo de 8 a 10 gotas según el tamaño de la hoja, resultando en 8 a 10 mililitros de agua, hasta que las raíces se fijen en el sustrato de la cual empezara a salir el tallo, tardando aproximadamente de tres a cuatro semanas, resultando en 280 mililitros de agua.



2026
año de
Margarita
Maza





TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO INSTITUTO TECNOLÓGICO DE CHINÁ

Aclimatación de organismos entomofáuticos

Finalmente llegamos a la aclimatación de los organismos descomponedores que se alojarán en el interior del ecosistema, cumpliendo la función de airear el suelo, descomponer la materia y mantener un orden ecológico en relación con las plantas de las que se alimentarán.

El primer paso para realizar la aclimatación, se basa en la selección del organismo mismo, para eso se recomendará un grupo de organismos entomofáuticos que mejoren la ecología del terrario.

Para la obtención de estos organismos existen dos métodos el primero es la recolección del organismo en material vegetal en descomposición, (hojarasca y corteza), o directamente con algún criador que los venda, siendo más recomendable realizar una recolección, ya que estos organismos al ser de vida libre son más fáciles de adaptar a un entorno de estrés hasta que este se aclimate al nuevo entorno que lo alojará.



2026
año de
Margarita
Maza





TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO INSTITUTO TECNOLÓGICO DE CHINÁ

Tabla 8, Organismos entomofáuticos recomendados.

Organismo	Aportes	Localización	Imagen
<i>Chilipoda</i>	Al ser depredadores activos, estos ayudan a mantener un numero estable de descomponedores, siendo asi que sin presencia de un controlador la población crecería hasta un nivel dañino ya que no se lograría establecer una relación de alimento por lo que las plantas se verían afectadas	Antes del manejo de esta especie se da la recomendación de utilizar el EPP, ya que existen ejemplares venenosos y tóxicos, siendo que dentro de la península no es un caso común, ya que no llegan a ser de importancia médica. Siendo respetado lo anterior, estos se encuentran en lugares húmedos con abundancia	 <i>Ilustración 29 Chilipoda incluida en el ecosistema, como depredador activo interno.</i>





TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO
INSTITUTO TECNOLÓGICO DE CHINÁ

	hasta llegar a un punto de declive.	de alimento, siendo estos carroñeros y cazadores activos durante ciclos nocturnos y diurnos, siendo poco común verlos en el ciclo de luz excesiva.	
<i>Coleoptera</i>	Los escarabajos son los organismos descomponedores más conocidos, dada su capacidad de reducir materia de gran tamaño en formas más pequeñas, estos también al ser organismos que viven debajo de la	Al ser un grupo muy amplio se debe tener en cuenta la alimentación del organismo que seleccionemos, encontrando los que nos interesan en materia en descomposición, especialmente en	 <i>Ilustración 30 Coleoptera, organismo aireador de suelo, y descomponedor inicial.</i>





TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO INSTITUTO TECNOLÓGICO DE CHINÁ

	tierra ayudan a crear pasos para el agua y oxígeno a las raíces de forma más fácil, siendo así parte vital de un ecosistema sano.	excretas y en frutas.	
<i>Oniscidea</i>	Al ser organismos de pequeño tamaño estos permiten airear la tierra, y descomponer materia orgánica, como son las hojas que van cayendo naturalmente por los ciclos que estas presentan, de igual manera al ser presas de otras especies cumplen	Estos se encuentran a nivel del suelo en acumulaciones de hojarasca, estos de igual manera se pueden encortar en el interior de la tierra, por lo que cavando en lugares con características de descomposición	 <i>Ilustración 31 Oniscidea, organismo micro descomponedor y aireador de las capas más bajas.</i>





TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO INSTITUTO TECNOLÓGICO DE CHINÁ

	un papel vital en la cadena trófica.	orgánica se pueden encontrar.	
--	---	----------------------------------	--

Cabe resaltar se estos organismos son meramente una recomendación, pudiéndose variar según el ecosistema que deseemos recrear y las características internas que deseamos implementar, recalcando siempre que debe existir una relación de presa-depredador y una relación de descomponedor con organismo vegetal.

Motivo por el cual se recomienda a los dos organismos *Oniscidea* y *Coleoptera*, como descomponedores principales, ya que estos llevan la materia orgánica, de distintas fases de descomposición, a un punto de aprovechamiento más efectivo por la planta ya que el tamaño de materia que descomponen es diferente y por lo tanto facilitando esta implementación por parte del organismo vegetal.

Finalmente, para la aclimatación de los organismos después de estas recomendaciones son los siguientes puntos:

1. Ingresar al organismo dentro del área previamente aclimatada con plantas y musgo, para esto debemos iniciar con los organismos más pequeños, ya que estos al ser lo más vulnerables, buscaran refugio y empezaran a identificar fuentes de alimento, por lo que empezaran el proceso de descomposición.
2. Posteriormente se ingresarán los descomponedores de mayor tamaño, siguiendo una mecánica similar, buscaran refugio y alimentó a primera vista, pero dado que



2026
año de
**Margarita
Maza**





TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO INSTITUTO TECNOLÓGICO DE CHINÁ

son animales más grandes y conductuales estos buscaran refugios a nivel del suelo, por lo que es importante colocar rocas y ramas para que estos utilicen de refugio.

3. Por último se introduce al depredador, por la conducta que estos presentan buscaran refugio, y cazaran en horas de poca luz, siendo que dependiendo del tamaño de la presa este no se alimentara diario, variando su alimentación entre dos a tres días de consumo, por lo que es recomendable tener un numero equilibrado de depredadores y presas, basándonos en una pirámide ecológica, que nos señala que el número de presas debe ser superior al de los depredadores, teniendo en cuenta el tamaño del depredador.

Dado esto la relación para nuestro organismo antes señalados sería un *Chilipodo*, con diez *Oniscideos* y cuatro *Coleopteros*, estas cantidades son acordes a la necesidad de alimento del depredador y el espacio del ecosistema, en caso de ser un número mayor y un espacio mayor o menor esta variaría, al igual que por el organismo que seleccionemos.

4. Una vez realizada la correcta aclimatación los organismos empezaran un ciclo de vida, como se desarrollaría en su ambiente natural, prueba de esto será el empezar a visualizar el crecimiento y apareamiento de los organismos.
5. Finalmente se realiza un riego final equivalente a 50 mililitros de agua y se sella el frasco finalmente, mirando como el ecosistema toma forma sin integración de la mano humana.



2026
año de
Margarita
Maza





TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO INSTITUTO TECNOLÓGICO DE CHINÁ

Cierre del ecosistema

El cierre final del ecosistema consiste en un sello hermético que puede ya estar implementado en el frasco o que nosotros realizaremos para aislar el entorno del exterior con el del interior, evitando que exista filtración de oxígeno y de la humedad, ya que, de existir esta filtración, se pondría en riesgo la supervivencia del ecosistema.

Para eso existen diversos métodos de los cuales unos serán mejores que otros según sea el frasco que utilizamos para realizar nuestro ecosistema cerrado.

Tabla 9, Tipos de sellos recomendados para los ecosistemas cerrados.

Sello hermético de presión

Este tipo de frascos ya vienen con el sello incluido al ser de venta comercial, hay una gran variedad de tamaños y formas, por lo que podemos escoger el que mejor se adapte a nuestro ecosistema cerrado, la ventaja que presenta frente a otros es que al poseer un sello de plástico o de hule este impide el paso de los elementos del exterior.

Con este tipo de frasco no es necesario, implementar algún otro cierre ya que con este es suficiente, para mantenerlo, puede ser conveniente cuando trabajamos con plantas que requieren poda frecuente o en el proceso de aclimatación ya que es fácil de abrir y cerrar sin perder la forma hermética.



2026
año de
Margarita
Maza





TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO INSTITUTO TECNOLÓGICO DE CHINÁ



Ilustración 32 Ejemplo de frasco de vidrio, imagen extraída de <https://sodimac.falabella.com.pe/sodimac-pe/product/113528434/Frasco-de-Vidrio-con-Tapa-Clip-200ml/113528438>

Sello de cera derretida

Este tipo de sello se hace derritiendo cera de vela en un recipiente de metal y derramándolo lentamente en la boca del frasco, para esto debemos tener cuidado de que el material sea solamente de vidrio resistente con una tapa de aluminio o metal, ya que por la temperatura puede llegar a reventar el material y causar accidentes, por lo que se advierte que una vez se derrame la cera no se intente enfriar con agua o hielo.

Este método no es fácil de abrir una vez realizado por lo que si se intenta implementar se tenga en consideración las plantas que se introducirán, ya que si requieren de poda o cuidados especiales no es recomendable este método de sellado.

Sello de pegamento

Consiste en la aplicación de pegamento en el interior de la tapa y cerrándola.



2026
año de
**Margarita
Maza**





TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO INSTITUTO TECNOLÓGICO DE CHINÁ

Se recomienda que este método se aplique en tapas de rosca o en tapas de presión ya que son más efectivas en este tipo de tapas que en algunas otras. Este método es efectivo cuando se quiere cerrar totalmente el ecosistema como es con el método anterior, este es mejor implementado en frascos de materiales plásticos.

Sello de rosca

El sello de rosca consiste en surcos dentro de la tapa y en la boca exterior del frasco, lo que genera un sello y cerrado hermético.

Este frasco es más común de encontrar en materiales plásticos, por lo que suele ser el tipo de frasco más económico para realizar los ecosistemas, este método puede ser combinado con otro método anteriormente mencionado, mejorando el sello, al ser de los métodos más difíciles de reapertura, se recomienda sea aplicado en plantas que no requieran cuidados constantes.



Ilustración 33 Ejemplo de frasco con sello de rosca, extraído de <https://alcodistribuidora.com/products/super-sello-tapa-rosca>

Sello de corcho



2026
año de
Margarita
Maza





TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO INSTITUTO TECNOLÓGICO DE CHINÁ

Este sello al ser de presión y consistir en materiales porosos no es muy recomendable ya que no logra aislar el interior del exterior, por lo que el mejor momento de utilización es en el proceso de aclimatación, ya que si las plantas requieren aclimatarse y requieren riego constante esta tapa es la mas sencilla de apertura y de cierre.

Puede ser combinada con otros métodos anteriores para sellarlo de mejor manera, procurando que los organismos del interior no requieren tantos cuidados ya que una vez sellado será más difícil de apertura y dado que el material del corcho es de caucho en su mayoría, puede llegar a romperse si se aplica mucha fuerza en la apertura.



Ilustración 34 Ejemplo de frasco con tapa de corcho, imagen tomada de <https://www.bodegaaurrera.com.mx/ip/cafeteras-y-extractores/tarro-de-almacenamiento-con-corcho-de-bola-bote-transparente-tanque-sellado-contenedores-de-botellas-de-comida-para-cocina-despensa-azuca->

Como punto culminante de la guía, se ilustrarán diversos puntos que marcan un ecosistema estable y correctamente desarrollado, durante el periodo que se marcó en este modelo experimental.



2026
año de
**Margarita
Maza**





TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO INSTITUTO TECNOLÓGICO DE CHINÁ

Tabla 10, Resultados del proceso experimental.

Explicación del resultado y proceso	Imagen demostrativa del punto
Plantas nuevas resultaron nacer desde la base del sustrato siendo estas desarrolladas de manera natural sin intervención humana dado que estas retoñaron una vez se cerró el ecosistema después de un mes y cuatro días iniciado el cierre.	 <i>Ilustración 35 Plantas en crecimiento, y desarrollo dentro del ecosistema.</i>





TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO INSTITUTO TECNOLÓGICO DE CHINÁ

El retoño resultante se desarrolló hasta alcanzar los 9.46 cm medido desde la base del sustrato, resultando en una planta saludable y completamente desarrollada, presentando un tallo y hojas en buenas condiciones, por cuatro meses desde el momento en que se detectó el retoño, siendo así que se desarrolló por sí misma durante cinco meses y cuatro días, sin interacción con el entorno.



Ilustración 36 Planta resultante del retoño, demostrando un sano crecimiento.



2026
año de
**Margarita
Maza**





TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO INSTITUTO TECNOLÓGICO DE CHINÁ

Como podemos visualizar los organismos entomofáuticos, empezaron relaciones de coexistencia hasta el punto de generar interacción entre los organismos de la misma especie, dando así margen para la reproducción y por ende mantenimiento de la alimentación del depredador, y una línea de descomponedores primarios u secundarios existentes.



Ilustración 37 Muestra de la interacción interna de los organismos, dando paso a futura reproducción y permanencia en el ecosistema.



2026
año de
**Margarita
Maza**





TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO INSTITUTO TECNOLÓGICO DE CHINÁ

La propagación del musgo desde el injerto madre nos da señales de salud y abundancia de materia en el sustrato para que estos empiecen la propagación por el terrario, por lo que se observó, se pudo determinar que este sirve como alimento para los organismos si la planta llega a marchitarse o a ser consumida antes de poder reproducirse, por lo que este alimento secundario es vital en el interior, ya de igual manera se visualizó que este se llegó a esparcir en piedras y trozos de madera en el interior, proporcionando mayor calidad de oxígeno.

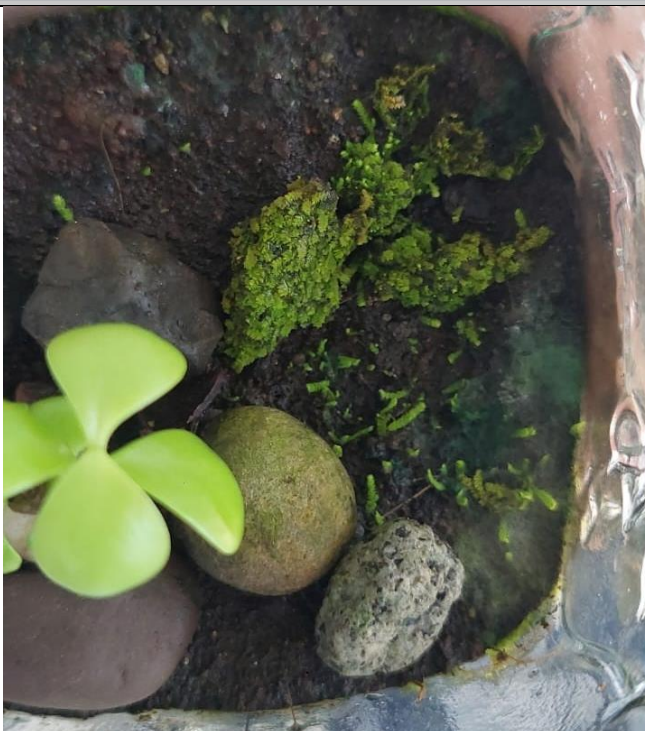


Ilustración 38 Reproducción y propagación del musgo interno por la superficie de suelo.



2026
año de
Margarita Maza





TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO INSTITUTO TECNOLÓGICO DE CHINÁ

El aumento en el tamaño de las plantas se vio en gran medida ya que de pequeñas incrustaciones estas se lograron desarrollar hasta llegar al borde de la tapa, empezando a deformar su forma y extenderse al interior, en los últimos dos meses de experimentación es cuando mayor aumento en este comportamiento se vio, teniendo esqueje de apenas 1.13 cm, desarrollados en plantas de 11.12 cm, siendo un crecimiento significativo mayor al 50 % de la talla inicial.



Ilustración 39 Crecimiento y desarrollo de nuevas plántulas de Portulacaria.



2026
año de
**Margarita
Maza**





TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO INSTITUTO TECNOLÓGICO DE CHINÁ

Se logra visualizar y medir niveles constantes de humedad interna, lo que asegura un correcto ciclo de agua, y riego interno, como se muestra la humedad se condensa en todo el interior del frasco garantizando así que el sustrato, tierra, plantas y fauna, tengan agua disponible, siendo indispensable garantizar esto ya que el agua es el componente base de la vida.



Ilustración 40 Protulacaria con 4 cm de crecimiento desde el esqueje colocado con 1.23 cm, demostrando un crecimiento exponencial.



2026
año de
Margarita
Maza



TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO INSTITUTO TECNOLÓGICO DE CHINÁ



Ilustración 41 Parámetros de temperatura y humedad utilizados durante el proceso experimental.

Para lograr la medición interna del ecosistema recurrimos un medidor, que mediante una resistencia electro voltaica, podía medir este parámetro por electrodos internos conectados mediante una línea eléctrica, esta medición no es igual a la temperatura y humedad externa ya que por el material el interior era dos grados más baja en relación al exterior, con una concentración de humedad mayor al exterior en un 15 %, siendo que durante la fase de experimentación se logró concretar que la humedad mínima interna debe ser del 45 % ya que si es menor la tasa de supervivencia se ve gravemente reducida a un tiempo máximo de 5 semanas, resultando en que los organismos no logran aclimatarse y por ende perecer en el ecosistema.



2026
año de
**Margarita
Maza**



TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO INSTITUTO TECNOLÓGICO DE CHINÁ

6.-Resultados y discusión

Se culminaron todos los objetivos planteados, con resultados positivos, generando la guía establecida para la obtención de un ecosistema cerrado autosuficiente, proporcionando las mejores recomendaciones y esquemas que posibiliten el uso para personal de cualquier tipo, siendo lo más resaltante, el compartir información sin barreras.

La culminación de esta guía tiene importancia para personas aficionadas a la jardinería y para investigadores en el campo de la biotecnología e innovación al poder recrear ambientes con parámetros medibles que pueden modificarse según lo requiera el experimento.

Los distintos métodos establecidos, nos servirán para establecer experimentos de mayor tamaño y duración, ya que con el establecimiento del método la replicación en distintos tamaños y factores se llevará a cabo de manera más pragmática y eficaz.

Evidencias de la función del método

Desde el inicio de la aclimatacion se empezo a observar una convivencia entre los organismos faunicos y florales, por lo que se concluyo que la aclimatacion descrita fue la adecuada y por lo tanto el proceso descrito es el adecuado, como se observa en la fotografia la entomofauna se adapto correctamente al buscar el alimento y desarrollando sus actividades ecologicas de manera efectiva, en cuanto al musgo al inico no parecia fijarse al sustrato, pero despues de un



2026
año de
Margarita
Maza





TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO INSTITUTO TECNOLÓGICO DE CHINÁ

lapso de tiempo de un mes este empezó a desarrollarse fuera del área inicial, por lo que se logró expandir y compartir micorizas con las plantas más grandes, finalmente llegando a reproducirse en las piedras que decoraban el ecosistema.



Ilustración 42 Proceso de aclimatación y desarrollo del material vegetal y entomofaúnico.

Siguiendo el proceso a lo largo de cuatro meses con tres semanas empezó el proceso de marchitamiento de las hojas del interior, momento en que se empezaron a notar nuevas plántulas y menor cantidad de organismos entomofaúnicos en la superficie, hasta pasadas dos semanas más, con nuevos organismos, dándonos nuevos ejemplares que podrán seguir enriqueciendo y fomentando el desarrollo del ecosistema por un tiempo indefinido siempre que se mantenga estable este ciclo de crecimiento, desarrollo, marchitamiento, reproducción y repoblación del interior.



2026
año de
**Margarita
Maza**





TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO INSTITUTO TECNOLÓGICO DE CHINÁ

Para finalizar podemos ver como fue el punto de auge para las plantas, ya que estas lograron desarrollarse en gran manera siendo que estas se extendieron hasta llegar al tope de la tapa, y superarla, siendo que estas plantas salieron desde semillas, por lo que se logró concretar el punto focal de la guía al poder desarrollar un ecosistema completamente funcional, ya que al igual que se vio el desarrollo de la fauna y flora, el margen de humedad se estabilizó en un 53% de humedad interna con una temperatura estable de 24.5°C, siendo estables durante el experimento.

Logrando determinar que estos valores son idóneos para el mantenimiento, de un ecosistema estable y saludable, dado que durante el periodo de seis meses que se llevó para la realización de esta guía fueron estables y correctos, sin observar la presencia de algún hongo o factor de preocupación que pusiera en peligro a los organismos del interior.



2026
año de
Margarita
Maza





TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO INSTITUTO TECNOLÓGICO DE CHINÁ

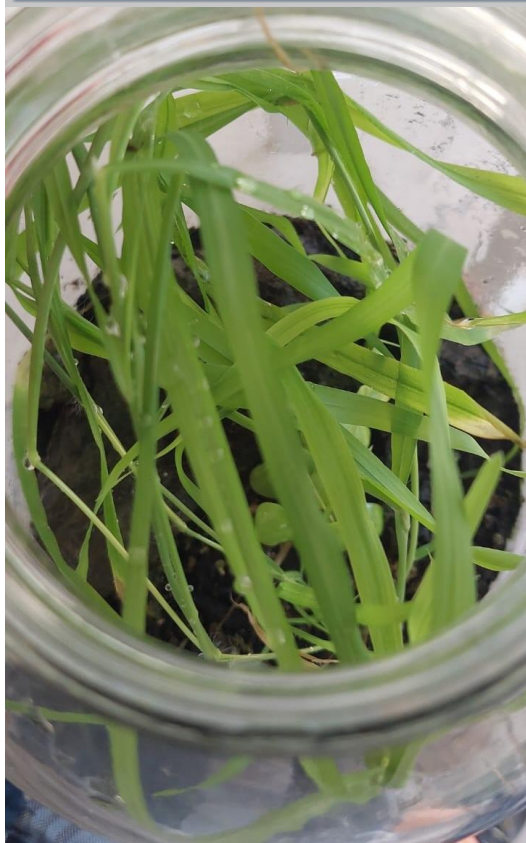


Ilustración 43 Domo vegetal generado por Pennisetum purpureum, recubriendo la totalidad del ecosistema.



2026
año de
**Margarita
Maza**





TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO INSTITUTO TECNOLÓGICO DE CHINÁ



Ilustración 44 Crecimiento de Pennisetum purpureum, superando la altura del frasco, y generando una cobertura vegetal por el esparcimiento y reproducción interna.

7.-Conclusiones

El diseño de ecosistemas cerrados representa una valiosa herramienta para avanzar en la sostenibilidad y la autosuficiencia en diversos contextos. A través de la creación de un



2026
año de
**Margarita
Maza**





TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO INSTITUTO TECNOLÓGICO DE CHINÁ

sistema cerrado de producción de recursos, podemos aprender a manejar mejor nuestros recursos naturales y minimizar nuestra dependencia de insumos externos. Si bien existen desafíos en cuanto a la implementación y la escalabilidad, los beneficios potenciales tanto en la agricultura, la investigación espacial como en la gestión ambiental son significativos.

En conclusión, esta guía elaborada ayudará a esquematizar y elaborar ecosistemas cerrados de tal forma que cualquier persona logre realizar una y adaptarla a distintos organismos o métodos para elaborar algún proyecto

Esta guía tiene el propósito de inspirar a personas de diversos campos y niveles académicos a interesarse en la botánica y conservación de las plantas al ver la belleza que estas pueden otorgar como elemento decorativo en la armonía del hogar u espacio de trabajo.

Este trabajo nos abre las posibilidades a nuevos trabajos que se correlacionan, como es el desarrollo de alimentos en espacios confinados, además de la aplicación alimenticia que esta genera, tenemos un panorama para la elaboración de habitat para flora y fauna de cualquier clima, región u ecología variable, lo que nos lleva a un punto de conservación de especímenes.



2026
año de
Margarita
Maza





TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO INSTITUTO TECNOLÓGICO DE CHINÁ

8.-Recomendaciones

Recalcando el énfasis de la investigación, resaltamos la importancia de equilibrar la interacción biológica y ecológica en el interior del ecosistema cerrado, dado que la interacción resultando, dependerá de la correcta elaboración del ambiente, puesto que si este no es correctamente realizado, el ciclo de vida interno no logra el desarrollo y por ende la aclimatación y adaptación de los organismos tendrá una tasa de éxito entre reducida a nula, siendo en caso contrario si los factores y la elaboración fueron correctos, la tasa de vida será exitosa, mostrándose evidencia en el crecimiento del material vegetal y en la reproducción de la entomofauna.

Se recomienda la utilización de vidrio o cristal en cuanto al material de frasco y que este cuente con una tapa de presión o un sello hermético de rosca, ya que este garantiza un espacio sin filtraciones entre el interior y el exterior, en cuanto a las plantas se recomienda que se adquieran de viveros o floristerías, en caso de ser recolectadas en áreas naturales se recomienda la aclimatación con la que se descartara la presencia de bacterias u hongos que puedan dañar el interior.



2026
año de
Margarita
Maza





TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO INSTITUTO TECNOLÓGICO DE CHINÁ

9.-Citas y bibliografías

BIODESINFECCIN_DEL_SUELO_E_INVESTIGACIN_20220411-29022-142x2.pdf. (s. f.).

Recuperado 8 de marzo de 2025, de

https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/83803662/BIODESINFECCIN_DEL_SUELO_E_I

[NVESTIGACIN_20220411-29022-142x2.pdf?1738490533=&response-content-](https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/83803662/BIODESINFECCIN_DEL_SUELO_E_I)

[disposition=inline%3B+filename%3DBiodesinfeccion_Del_Suelo_e_Investigacio.pdf&E](https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/83803662/BIODESINFECCIN_DEL_SUELO_E_I)

[xpires=1741463990&Signature=F-](https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/83803662/BIODESINFECCIN_DEL_SUELO_E_I)

[nLuwqcRcqhlBrmVzKY8JIDVm1zHWU6FDdPav6FHzns1SDWekB8UMDKjBFPCnZpD](https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/83803662/BIODESINFECCIN_DEL_SUELO_E_I)

[axDxAmzc3fbas1AvGROwoVu2JCDmFKrV8u4IDahwQCnyGvZU2B8icDczgllRz60d6Q](https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/83803662/BIODESINFECCIN_DEL_SUELO_E_I)

[KwUtHxD49u0IEfQ-lfeWi-qbAf7kTvEfZVjtTAZVpN-E-ycTfgE08cpfa6JVDewfYJ-](https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/83803662/BIODESINFECCIN_DEL_SUELO_E_I)

[mH~nsiDG-](https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/83803662/BIODESINFECCIN_DEL_SUELO_E_I)

[jb4uegj8kTd875L2LBX7pxNFYla5BDtdx5qCxLtecZJt1YoGPrQg~gVoe2Z~IVB1JFAKZ](https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/83803662/BIODESINFECCIN_DEL_SUELO_E_I)

[hs0IGvalsekBdHM-4AjGak0TMRRTIHAJ6tC-](https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/83803662/BIODESINFECCIN_DEL_SUELO_E_I)

[ojCnXCK3xHzl4EHKeYSP~uRDJNK2Cw__&Key-Pair-](https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/83803662/BIODESINFECCIN_DEL_SUELO_E_I)

[Id=APKAJLOHF5GGSLRBV4ZA](https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/83803662/BIODESINFECCIN_DEL_SUELO_E_I)



2026
año de
Margarita
Maza





TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO INSTITUTO TECNOLÓGICO DE CHINÁ

Campaña, L. E. V. (2024). *Elaboración de terrarios como estrategia didáctica para el desarrollo de competencias investigativas del área de ciencias naturales con estudiantes del grado sexto de la I.E.M José Félix Jiménez.*

E, del V. E. del V. (2015). Ecología y Evolución de las Interacciones Bióticas. *Revista de Biología Tropical*, 63(1), Article 1. <https://doi.org/10.15517/rbt.v63i1.16213>

Gallardo, A., Covelo, F., Morillas, L., & Delgado, M. (2009). Ciclos de nutrientes y procesos edáficos en los ecosistemas terrestres: Especificidades del caso mediterráneo y sus implicaciones para las relaciones suelo-planta: *Ecosistemas*, 18(2), Article 2. <https://www.revistaecosistemas.net/index.php/ecosistemas/article/view/60>

H.U.G. (2025, enero 8). Un Jardín Eterno: El Ecosistema en una Botella de David Latimer | Huerto Urbano Grow. *Grow Shop N°1 en Hidroponía | Huerto Urbano Grow.* <https://huertourbanogrow.com/un-jardin-eterno-el-ecosistema-en-una-botella-de-david-latimer/>

Lamprea López, G. N. (2019). *La Energía y los Ciclos Biogeoquímicos en la Vida.* <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/69795>



2026
año de
Margarita
Maza





TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO INSTITUTO TECNOLÓGICO DE CHINÁ

- Liberato Rodrigues, A. P. (2011). De la geosfera a la biosfera: Circulación de materia en la naturaleza. *Revista Eureka sobre enseñanza y divulgación de las ciencias.*, 8(extra), 495-499. https://doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2011.v8.iextra.18
- Martínez Santamaría, D. J. (2017). *Diseño e implementación de un sistema electrónico para el control de luminosidad, temperatura y humedad ambiental para el Terrario de orquídeas Telipogon en el Jardín Botánico de Quito*. [bachelorThesis, Quito: Universidad Israel, 2017]. <http://repositorio.uisrael.edu.ec/handle/47000/1297>
- Parra Abella, A. (2017). *Diseño y construcción de un terrario domótico* [Info:eu-repo/semantics/bachelorThesis]. E.T.S.I. Diseño Industrial (UPM). <https://oa.upm.es/39536/>
- Quiroga Martínez, R. (2001). Indicadores de sostenibilidad ambiental y de desarrollo sostenible: Estado del arte y perspectivas. *Manuales*, Article 5570. <https://ideas.repec.org//p/ecr/col038/5570.html>
- Scott, H. J. (1999). Characteristics of soils in the tropical rainforest biome of Biosphere 2 after 3 years. *Ecological Engineering*, 13(1), 95-106. [https://doi.org/10.1016/S0925-8574\(98\)00093-7](https://doi.org/10.1016/S0925-8574(98)00093-7)



2026
año de
Margarita
Maza





TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO INSTITUTO TECNOLÓGICO DE CHINÁ

Soler-López, E. (2013). *Introducción al método científico en niños de cinco años*

[bachelorThesis]. <https://reunir.unir.net/handle/123456789/2040>



2026
año de
Margarita
Maza

